

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **2 663 321** <sup>(11)</sup> <sup>(13)</sup> **C1**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[G01N 9/04 \(2006.01\)](#)[G01N 13/02 \(2006.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 17.08.2018)

(21)(22) Заявка: [2017121540](#), 19.06.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.06.2017Дата регистрации:  
03.08.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.06.2017

(45) Опубликовано: [03.08.2018](#) Бюл. № [22](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2554287 C2, 27.06.2015. RU  
150382 U1, 20.02.2015. RU 2517770 C1,  
27.05.2014. CN 1591016 A, 09.03.2005. US  
6286368 B1, 11.09.2001.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

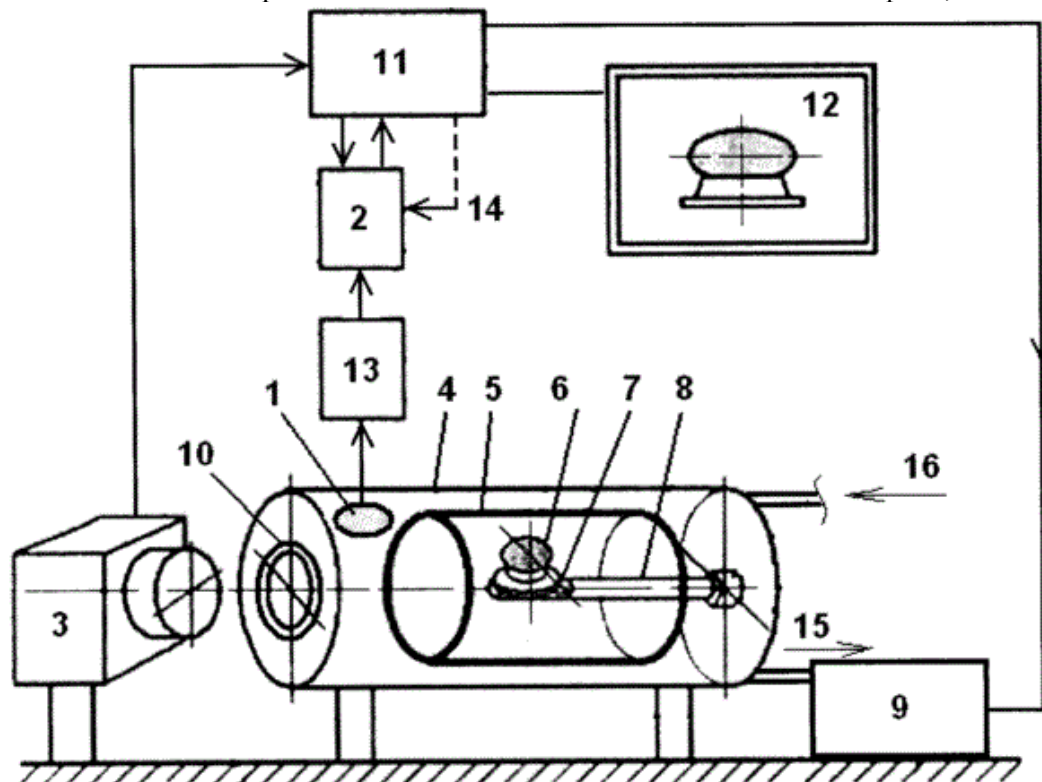
**Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),  
Вьюхин Владимир Викторович (RU),  
Цепелев Владимир Степанович (RU),  
Конашков Виктор Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (УрФУ) (RU)****(54) Способ и устройство определения поверхностного натяжения и/или плотности  
металлических расплавов****(57) Реферат:**

Группа изобретений относится к технической физике, в частности к определению параметров металлических расплавов путем фотометрии силуэта лежащей на подложке эллипсовидной капли образца расплава, и может быть использована в лабораторных исследованиях, на металлургических предприятиях, в вузах. При реализации группы изобретений достигается объективизация определения оптических и физико-химических характеристик задымления и степени его влияния на эксперимент, оптимизация начала процедур устранения задымления и продолжения эксперимента, а в конечном итоге при появлении задымления обеспечение возможности продолжения фотометрии параметров образца. Предложен способ, отличающийся тем, что контролируют появление задымления в вышеуказанной электропечи, задают пороговый уровень параметров этого задымления, в случае превышения порогового уровня параметров задымления эксперимент останавливают, включают вакуумный насос, уменьшают задымление до величины его параметров, меньшей или равной вышеуказанному пороговому уровню, после чего этот насос выключают, затем компенсируют уменьшение количества

вышеуказанного инертного газа его добавкой до величины давления в начале эксперимента, после чего продолжают эксперимент. В устройство введены сигнализатор, по меньшей мере один датчик задымления, канал связи, при этом сигнализатор размещен преимущественно снаружи вышеуказанной электропечи, датчик задымления размещен в этой электропечи вне вышеуказанной зоны нагрева, выход датчика задымления соединен со входом канала связи, выход которого соединен со входом сигнализатора. Изобретение обеспечивает возможность увеличения объективности оценки оптических и физико-химических характеристик задымления при изучении образца, т.к. позволяет выбрать начало процедуры уменьшения задымления внутри электропечи до заданного уровня, в том числе нулевого. Это позволяет сохранить качество изображения образца, уменьшить требования к персоналу, обеспечивает возможность продления исследования и получения результатов, например данных о начале задымления и динамике устранения его влияния для различных образцов. Технический результат – повышение достоверности и точности определения характеристик образцов металлических расплавов. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

Группа изобретений относится к технической физике, а именно, к способам и устройствам фотометрического определения, контроля и измерения физических параметров веществ и предназначено для бесконтактного измерения методом геометрии профиля «большой лежащей капли» плотности и поверхностного натяжения капельных образцов металлических расплавов, в том числе высокотемпературных, т.е. путем измерения параметров силуэта лежащей в электропечи, заполненной инертным газом, на подложке эллипсовидной капли образца расплава посредством фотометрии. Изобретение может быть использовано в лабораторных исследованиях, на металлургических предприятиях, в вузах.

Измерение физико-химических параметров металлических жидкостей, расплавов и шлаков, в частности, высокотемпературных, например на основе Fe, Co, Ni в объеме долей или единиц  $\text{см}^3$ , позволяет проводить прогностический анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на промышленных предприятиях. При этом применяют, в частности, способ и устройства определения плотности и/или поверхностного натяжения металлических расплавов, с использованием капельного образца расплава известной массы, помещенного на подложке в высокотемпературной зоне нагрева электропечи горизонтального типа, преимущественно заполненной инертным газом. В этом случае сквозь смотровое окно осуществляют получение фотоспособом, посредством расположенного вне электропечи фотоприемника с объективом, изображение силуэта поперечного сечения эллипсоидной капли, измеряют его геометрические параметры,

связанные с физико-химическими данными изучаемого образца расплава и его температурой, вводят их в известные формулы и определяют объем, плотность и/или поверхностное натяжение капли - см. пат. РФ №2459194 - аналог /№16/. Изображение силуэта образца, полученное в фотоприемнике, отображают на дисплее компьютера.

Известны способ бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов и устройство для его осуществления, в котором уменьшение влияния задымления внутри вертикальной электропечи осуществляют увеличением яркости источника света, освещающего отражающее зеркало, подвешенное внутри электропечи на упругой вращающейся нити, а также применением синхронного детектора в фотоприемном устройстве - см. пат. РФ №2349898.

Известны способ и устройство для определения свободной поверхностной энергии, плотности и вязкости жидких металлов, которые используют электромагнитное устройство со шторками для предохранения смотровых окон от запыления и нагрева - см. В.И. Ниженко, Н.Ф. Данько «Установка для определения свободной поверхностной энергии, плотности и вязкости жидких металлов», В кн. Методы исследования и свойства границ раздела контактирующих фаз. Киев, Наукова думка, 1977, с. 46, 47 - аналог.

Прототипом предлагаемого способа является способ определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов, использующий метод фотометрии покоящейся большой капли, при котором образцы при исследованиях загружают в зону нагрева электропечи горизонтального типа, заполненной инертным газом, после чего исследуют каждый из загруженных образцов - см. пат. РФ №2554287.

Прототипом предлагаемого устройства является устройство определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов, содержащее электропечь горизонтального типа, заполненную инертным газом, с зоной нагрева исследуемых образцов, вакуумный насос, шток для перемещения исследуемых образцов в зону нагрева, расположенный вне электропечи фотоприемник, смотровое окно - см. пат. РФ №2554287.

Недостатками вышеуказанных способов и устройств являются субъективность оценки изображения капли и, следовательно, плотности и/или поверхностного натяжения капли из-за возможного задымления внутри электропечи, преимущественно заполненной инертным газом. Задымление, в том числе в области смотрового окна, влияет на динамику эксперимента, уменьшает достоверность и помехозащищенность измерений. Задымление различной интенсивности непредсказуемо и практически неизбежно. При этом в электропечи образуются непрозрачные взвеси, аэрозоли, пары внутри нее, вследствие испарения абсорбированных газов, термоугара компонентов расплава и их испарения и проч. Молибденовый нагреватель электропечи и защитные экраны также окисляются с образованием окисла  $\text{MoO}_3$ , который интенсивно испаряется при температурах выше  $900^\circ\text{C}$ . Они частично оседают на смотровом стекле - см. вышеуказанный аналог В.И. Ниженко, Н.Ф. Данько..., но в основном обуславливают ухудшение определения силуэта изучаемого каплевидного образца за счет распространения по всему внутреннему объему электропечи и затенения изображения. Поэтому приходится, в соответствии с субъективным опытом и квалификацией исследователя, произвольно и с опозданием неоднократно прерывать эксперимент, чтобы устранить задымление внутри электропечи. Это осуществляют, в соответствии с уровнем квалификации исследователя, посредством периодического включения вакуумного насоса и последующей дополнительной подкачки инертного газа, на 1-2 минуты. Иногда длительность эксперимента например, при исследовании расплава титана, всего около 10 минут, за это время удается получить всего несколько термозависимых фотоизображений капли. В конечном итоге качество изображений уменьшается, вследствие чего объем полезной информации также уменьшается и может появиться недостоверная и необъективная трактовка результатов.

Группа изобретений направлена на решение технической проблемы уменьшения субъективности оценки влияния задымления при его появлении внутри электропечи, преимущественно заполненной инертным газом, на эксперимент.

Технический результат, достигаемый при реализации заявляемого способа, заключается в объективизации оценки оптических и физико-химических характеристик задымления при изучении образца путем оптимизация начала процедур устранения задымления и автоматизации этого процесса.

При осуществлении заявляемого устройства решается проблема отсутствия устройств данного назначения и, соответственно достигается технический результат, который заключается в реализации назначения устройства.

Задачей предлагаемого изобретения является уменьшение субъективности оценки влияния характеристик задымления, при его появлении внутри электропечи, преимущественно заполненной инертным газом, на эксперимент, объективизация определения оптических и физико-химических характеристик этого задымления и степени его влияния на эксперимент, оптимизация начала процедур устранения задымления и продолжения эксперимента, а в конечном итоге, при появлении задымления обеспечение возможности продолжения фотометрии параметров образца.

Предложенное техническое решение при появлении задымления внутри электропечи обеспечивает возможность увеличения объективности оценки оптических и физико-химических характеристик задымления при изучении образца, т.к. позволяет выбрать начало процедуры уменьшения задымления внутри электропечи до заданного уровня, в том числе нулевого. Это позволяет сохранить качество изображения капельного образца, уменьшить требования к уровню квалификации персонала, расширяет функциональные возможности способа, обеспечивает возможность продления исследования и получения дополнительных результатов, например сравнительных данных о начале задымления и динамике устранения его влияния для различных образцов. Таким образом, возрастает помехозащищенность фотометрии капли, а в конечном итоге, достоверность и точность определения поверхностного натяжения и/или плотности капельных образцов металлических расплавов.

Указанная проблема решается с помощью предлагаемой группы изобретений - способа и устройства определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов.

Заявляется способ определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов, использующий метод фотометрии покоящейся большой капли, при котором образцы загружают в зону нагрева электропечи горизонтального типа, заполняют инертным газом, после чего исследуют каждый из загруженных образцов.

От прототипа способ отличается тем, что осуществляют контроль появления задымления в вышеуказанной электропечи, задают пороговый уровень параметров этого задымления, в случае превышения порогового уровня параметров задымления эксперимент останавливают, включают вакуумный насос, уменьшают задымление до величины его параметров, меньшей или равной вышеуказанному пороговому уровню, после чего этот насос выключают, затем компенсируют уменьшение количества вышеуказанного инертного газа его добавкой до величины давления в начале эксперимента, после чего продолжают последующие операции способа.

Заявляемое устройство определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов содержит электропечь горизонтального типа, заполненную инертным газом, с зоной нагрева исследуемых образцов, вакуумный насос, шток для перемещения этих образцов в зону нагрева, расположенный вне электропечи фотоприемник, смотровое окно.

От прототипа устройство отличается тем, что в него введены сигнализатор, по меньшей мере один датчик задымления, канал связи, при этом сигнализатор размещен преимущественно снаружи вышеуказанной электропечи, датчик задымления размещен в этой электропечи вне вышеуказанной зоны нагрева, выход датчика задымления соединен со входом канала связи, выход которого соединен со входом сигнализатора.

Сигнализатор может иметь функцию регулировки порога и располагаться на краю смотрового окна, а также может обладать функциями аудио- и видеосигналов. Канал связи может быть выполнен в виде радиоканала или проводным.

Датчик задымления преимущественно размещен вне зоны наблюдения фотоприемника и содержит, по меньшей мере, один фотосенсор или химический сенсор. При этом он предпочтительно работает в инфракрасном оптическом диапазоне и имеет автономный источник питания.

Сигнализатор, датчик задымления и канал связи могут быть выполнены в виде одного блока, например, функциональной интегральной схемы.

3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор обладает функцией регулировки порога;

4. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления содержит, по меньшей мере, один фотосенсор;

5. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления содержит по меньшей мере один химический сенсор;

6. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления размещен преимущественно вне зоны наблюдения фотоприемника;

7. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления работает преимущественно в инфракрасном оптическом диапазоне;
8. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления имеет автономный источник питания;
9. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что канал связи выполнен в виде радиоканала;
10. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что канал связи выполнен проводным;
11. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор расположен на краю смотрового окна;
12. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор обладает функциями аудио- и видеосигналов;
13. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор, датчик задымления и канал связи выполнены в виде одного блока, например, функциональной интегральной схемы.

Таким образом, при реализации группы изобретений достигается объективизация определения оптических и физико-химических характеристик задымления и степени его влияния на эксперимент, оптимизация начала процедур устранения задымления и продолжения эксперимента, а в конечном итоге, при появлении задымления обеспечение возможности продолжения фотометрии параметров образца.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

- на фиг. 1 - блок-схема устройства определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов;
- на фиг. 2 - осциллограммы в основных блоках устройства.

Способ определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов осуществляют посредством устройства, блок-схема которого приведена на фиг. 1. Оно содержит датчик задымления 1, сигнализатор 2, фотоприемник 3, соосный с электропечью 4 с зоной нагрева 5, создаваемой цилиндрическим электронагревателем (на схеме не показан) размещенный в зоне нагрева 5 электропечи 4, образец фиксированной массы 6, который расположен на срезе цилиндрической подложки 7, закрепленной на одном из концов регулируемого штока 8, вакуумный насос 9, смотровое окно 10, компьютер 11, на дисплей 12 которого выводят изображение образца фиксированной массы 6 на подложке 7, канал связи 13, включенный между датчиком задымления 1 и сигнализатором 2.

Датчик задымления 1 выполнен преимущественно в виде точечного дымового извещателя на основе интегрального фотосенсора, например, оптрона или дискретной пары фототранзистор/светодиод - см. «Википедия», статья «Пожарный извещатель», в виде активного пожарного датчика, например, производства компании «АСК Эгида» (г. Санкт-Петербург), который производит сигнал и в то же время реагирует на изменение задымленности. Он может быть выполнен с автономным источником питания, например, в виде нескольких элементов АА. При уменьшении задымленности он отключает выходной сигнал. Кроме того, датчиков задымления 1 может быть несколько, при этом их выходы включены параллельно. Датчик задымления 1 может быть выполнен как датчик дыма, например, серого или черного, синхронно реагирующий на некоторые газы - см. «MQ2 Gas sensor», <http://www.hwsensor.com>. Он расположен вне зоны нагрева 5, внутри электропечи 4 мощностью 20 кВА, выполненной в виде оригинальной цилиндрической конструкции с водяным охлаждением. Фотоприемник 3 выполнен в виде телекамеры, например, 3372P Sanyo, или цифрового фотоаппарата с разрешением более 1 Мпиксел и соединен с компьютером 11 посредством USB-кабеля. Цилиндрический электронагреватель (на схеме не показан) выполнен из тугоплавкого немагнитного металла, например Мо. Он обеспечивает изотермическую зону нагрева 5. Каждая подложка 7 выполнена в виде цилиндрического тела из высокотемпературной керамики, например бериллиевой. Регулируемый шток 8 выполнен из молибдена. Тип вакуумного насоса 9 - 2НВР-5ДМ. Круглое смотровое стекло 10 сделано из кварца. Сигнализатор 2 может быть размещен, в частности, на краю смотрового стекла 10, но с условием не перекрывания изображения капельного образца. Сигнализатор 2, выполненный например, в виде коммутатора на основе транзисторных ключей или реле, подключен к одному из портов компьютера 11. Он дополнительно содержит типовую схему пороговой сигнализации, например звуковой, в виде автоколебательного мультивибратора частотой 1 кГц на транзисторах КТ315 с нагрузкой в виде динамической маломощной - 0, 1 Вт головки, и визуальной на основе светодиода АЛ307. Сигнализатор 2 может быть виртуальным в виде одного из компьютерных гаджетов. Канал связи 13 включен между выходом датчика задымления 1 и входом сигнализатора 2. Он может быть проводным или беспроводным, например в виде WiFi-канала. Кроме того, сигнализатор 2, датчик

задымления 1 и канал связи 13 могут быть выполнены в виде одного микроконтроллерного блока или функциональной интегральной схемы. Регулировку порога срабатывания 14 сигнализатора 2 задают перед исследованием автоматически либо вручную от отдельного блока (на схеме не показано), соединенного своим выходом с одним из входов сигнализатора 2, или от компьютера 11, на основе предварительного анализа накопленных данных о задымлении предыдущих экспериментов. Величина порога срабатывания 14 сигнализатора 2 должна обеспечивать определение геометрических параметров силуэта измеряемого капельного образца 6 и подложки 7 с заданной стандартной типовой погрешностью, характерной для начала исследования, например 5%. Вакуумный насос 9

обеспечивает откачивание газов 15 вплоть до давления  $P \leq 10^{-2}$  мм Hg внутри электропечи 4, с контролем значений вакуума системой «Мерадат» (на схеме не показаны). Инертный газ 16, преимущественно гелий, подают под давлением из баллона при манометрическом контроле (на схеме не показано).

Способ определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов осуществляют посредством вышеописанного устройства следующим образом. Подготавливают изучаемый образец 6, определяют его массу, после чего помещают его на подложку 7, ее размещают на одном из концов штока 8 в центре зоны нагрева 5 электропечи 4. Датчик задымления 1 помещают внутри электропечи 4 в области температуры  $\leq +70^\circ\text{C}$ , например около системы водяного охлаждения (на схеме не показано), преимущественно вне зоны наблюдения фотоприемника 3, соединяют этот датчик посредством канала связи 13, например проводного, со входом сигнализатора 2, который размещают, например, около компьютера 11. Задают требуемый уровень электрического сигнала порога срабатывания 14 сигнализатора 2, адекватный заданному значению возможного задымления в ходе исследований внутри электропечи 4, включают электропитание датчика задымления 1, после чего электропечь 4 закрывают. Включают вакуумный насос 9 и электропечь 4, осуществляют начальную стадию эксперимента, при которой регулируют горизонтальность подложки 7, после чего начинают основную стадию эксперимента и наблюдают все его этапы на дисплее 12. На выходе датчика задымления 1 первоначально появляется сигнал 17, имеющий величину меньше порога срабатывания 14 сигнализатора 2. При задымлении в электропечи 4 на выходе датчика задымления 1 и входе сигнализатора 2 появляется нарастающий сигнал 17, вплоть до эквивалентного порогу срабатывания 14 сигнализатора 2. Выходной сигнал 18 сигнализатора 2 становится больше нуля. Он поступает в компьютер 11, который вырабатывает сигнал 19 остановки изменения нагрева электропечи 4 и сигнал 20 включения вакуумного насоса 9, после чего уменьшается уровень задымления внутри электропечи 4. После того, как сигнал 17 с выхода датчика задымления 1 уменьшается до уровня ниже сигнала порога срабатывания 14 сигнализатора 2, сигнал 20 включения вакуумного насоса 9 становится нулевым, а компьютер 11 вырабатывает сигнал 21 запуска системы подкачки инертного газа 16. При достижении величины давления 22 первоначального уровня, сигнал 21 запуска системы подкачки инертного газа 16 становится равным нулю и отключает систему подкачки инертного газа 16. Уровень задымления может меняться для разных температур и/или материала образцов 6, что будет отражено в изменении момента начала 23 процедуры снижения уровня задымления. После завершения процедуры снижения уровня задымления продолжают осуществление эксперимента.

Предложенное техническое решение при появлении задымления внутри электропечи обеспечивает возможность увеличения объективности оценки оптических и физико-химических характеристик задымления при изучении образца, т.к. позволяет выбрать начало процедуры уменьшения задымления внутри электропечи до заданного уровня, в том числе нулевого. Это позволяет сохранить качество изображения капельного образца, уменьшить требования к уровню квалификации персонала, расширяет функциональные возможности способа, обеспечивает возможность продления исследования и получения дополнительных результатов, например сравнительных данных о начале задымления и динамике устранения его влияния для различных образцов. Таким образом, возрастает помехозащищенность фотометрии капли, а в конечном итоге, достоверность и точность определения поверхностного натяжения и/или плотности капельных образцов металлических расплавов.

#### Формула изобретения

1. Способ определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов, использующий метод фотометрии покоящейся большой капли, при

котором образцы при исследованиях загружают в зону нагрева электропечи горизонтального типа, заполняют инертным газом, после чего исследуют каждый из загруженных образцов, отличающийся тем, что контролируют появление задымления в вышеуказанной электропечи, задают пороговый уровень параметров этого задымления, в случае превышения порогового уровня параметров задымления эксперимент останавливают, включают вакуумный насос, уменьшают задымление до величины его параметров, меньшей или равной вышеуказанному пороговому уровню, после чего этот насос выключают, затем компенсируют уменьшение количества вышеуказанного инертного газа его добавкой до величины давления в начале эксперимента, после чего продолжают эксперимент.

2. Устройство определения поверхностного натяжения и/или плотности металлических расплавов, содержащее электропечь горизонтального типа, заполненную инертным газом, с зоной нагрева исследуемых образцов, вакуумный насос, шток для перемещения этих образцов в зону нагрева, расположенный вне электропечи фотоприемник, смотровое окно, отличающееся тем, что в него введены сигнализатор, по меньшей мере один датчик задымления, канал связи, при этом сигнализатор размещен снаружи вышеуказанной электропечи, датчик задымления размещен в этой электропечи вне вышеуказанной зоны нагрева, выход датчика задымления соединен со входом канала связи, выход которого соединен со входом сигнализатора.

3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор обладает функцией регулировки порога.

4. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления содержит, по меньшей мере, один фотосенсор.

5. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления содержит по меньшей мере один химический сенсор.

6. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления размещен преимущественно вне зоны наблюдения фотоприемника.

7. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления работает преимущественно в инфракрасном оптическом диапазоне.

8. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что датчик задымления имеет автономный источник питания.

9. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что канал связи выполнен в виде радиоканала.

10. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что канал связи выполнен проводным.

11. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор расположен на краю смотрового окна.

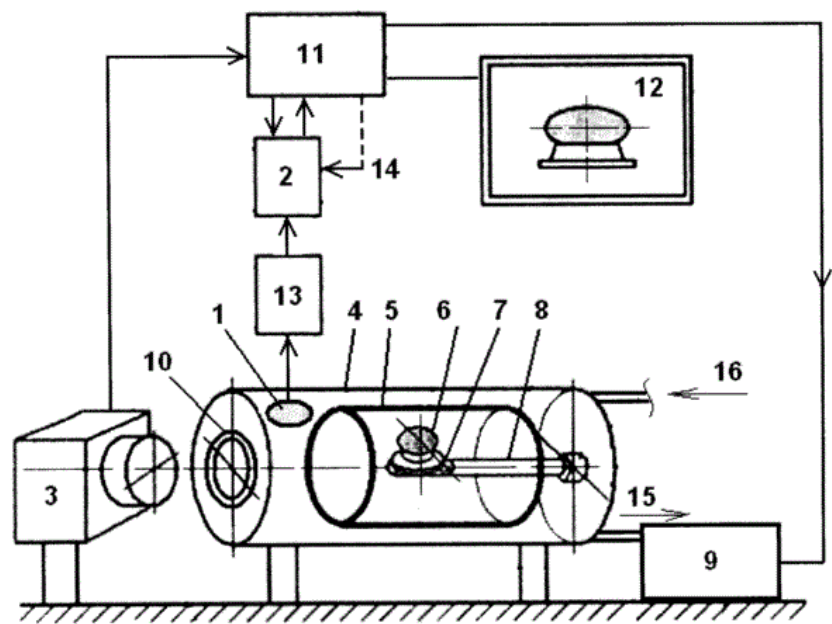
12. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор обладает функциями аудио- и видеосигналов.

13. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что сигнализатор, датчик задымления и канал связи выполнены в виде одного блока, например, функциональной интегральной схемы.





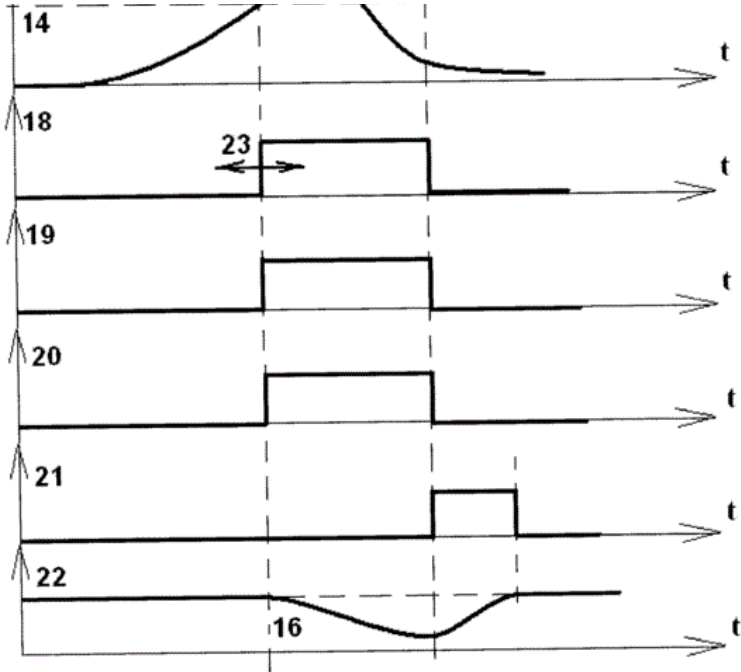
Способ и устройство определения  
поверхностного натяжения и/или  
плотности металлических расплавов



Фиг. 1

Способ и устройство определения  
поверхностного натяжения и/или  
плотности металлических расплавов





Фиг. 2